III－34　有壁ラーメンの不等沈下

中央大学理工学部　　山口 柏樹

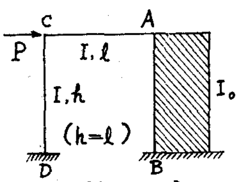
(I)有壁ラーメンは耐震壁として水平外力に対し剪断力を負擔し，無壁ラーメンの部材力を軽減する上に有効であり建築構造力学の分野ではすでに実用解析段階[1]に入っている．また構造物の回転沈下を考慮してはいるが地盤の土質力学的特性を取り入れた計算は主として無壁ラーメンに限られているようである[2]．ここに剪断変形を考えた撓角式より出発して有壁ラーメンが弾性的地盤の上にあって水平力を受ける場合の解析法を述べあわせて簡単な例について説明したい。

（第1図）

第1図で梁の長さをl．断面積を$A=bh$．弾性率をE，Gとすると剪断変形を考えた撓角式は

$$\left.\begin{aligned} M_A &= \frac{2EI}{l(1+12\mu)}\left\{(2+6\mu)\theta_A+(1-6\mu)\theta_B-3\vartheta\right\} \\ M_B &= \frac{2EI}{l(1+12\mu)}\left\{(1-6\mu)\theta_A+(2+6\mu)\theta_B-3\vartheta\right\} \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

ここに $\mu=1.5EI/GAl^2 \doteqdot 0.25h^2/l^2$ であって $h\doteqdot l$ 程度の丈高梁ではμの項が無視できぬ．ラーメン有壁部分をこのような丈高の梁と考えれば通常のラーメン計算と同様の取扱いが許される．壁面両側の柱を考えるときは $\mu=1.2EI/GAl^2$ が推奨される．ここでIとしては全断面を，Aとしては壁断面のみをとる．



（第2図）

例として第2図の部分的有壁ラーメンが水平力を受けたとしまず脚部は不動であるときを考える．門形ラーメンと同じく扱うがAB部材を水平方向の丈高梁として(1)を用いる．その結果柱の部材角ϑは$\beta=I_0/I$として

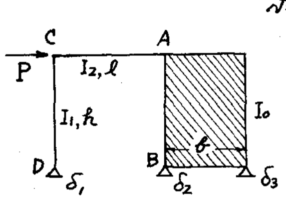
$$\vartheta=\frac{\dfrac{Pl^2}{6EI}(1+12\mu)\times\left\{7+84\mu+4\beta(2+6\mu)\right\}}{\left[(2-\beta+24\mu)\left\{7+84\mu+4\beta(2+6\mu)\right\}-(3+36\mu-12\beta)\left\{2+24\mu+\beta(1+6\mu)\right\}\right]}$$

$\beta\gg1$ であるので

$$\vartheta \doteqdot \frac{Pl^2}{3EI}\,\frac{1+3\mu}{\beta} \qquad (2)$$

これは分担係数を考えて求めた結果と一致する　すなわちそれによると

$$\vartheta=\frac{Pl^2}{3EI}\left[1+\frac{\beta}{1+3\mu}\right]^{-1} \doteqdot \frac{Pl^2}{3EI}\,\frac{1+3\mu}{\beta}$$



（第3図

次に脚部が支持され各フーチングの沈下を$\delta_1, \delta_2, \delta_3$とする．このとき各フーチングに関する基礎抵抗モーメントは無視できても有壁柱ABの下端全体としての抵抗モーメント(M_{fB})は無視できない。すなわち(1)の$M_B \equiv M_{BA}$は．

$$M_{BA}=-M_{fB}=(\delta_2-\delta_3)\cdot nA_B\cdot b/2 \neq 0$$

ここでnは地盤反力係数，A_Bはフーチングの接地面積である．

$\theta_D=(\delta_3-\delta_2)/b$，水平部材角$\psi=(\delta_2-\delta_1)/l$に注意して外部釣合式（２ヶ）節点方程式（２ヶ）層方程式，$M_{DC}=0$の各式より$\theta_A\cdots\cdots\theta_D$ ψ，ψ_1（柱部材角）．$\delta_1\cdots\delta_3$の９ヶの未知数が求まる．

$I_1=I_2$．$h=l=b$．各フーチング面積Aとするとき$\beta\gg1$であれば

$$\delta_1=\frac{P}{3nA}\times\frac{96EI}{7nAl^3}\ ,\ \delta_2=\frac{-P}{3nA}\left(\frac{192EI}{7nAl^3}+3\right)\ .\ \delta_3=\frac{P}{3nA}\left(\frac{96EI}{7nAl^3}+3\right) \tag{3}$$

これより不等沈下に大きな影響を与える要素は地盤剛性とフーチング面積である。耐震壁における分担係数は地盤剛性の低下とともにいちぢるしく減少すること，および水平外力が有壁部分に大きく集中することと考え合わせると水平力による不等沈下を極力減少させるためには良好な地盤上に有壁部を設けなければならぬことが判る．

(II) 剪断変形を考慮した弾性支承梁の基礎方程式はタワミyに関して

$$\left.\begin{aligned}&\frac{d^4y}{dx^4}-C\frac{d^2y}{dx^2}+Dy=P(x)\\&C=1.5\frac{nb}{AG}\ ,\ D=\frac{nb}{EI}\ ,\ P(x)=\frac{q(x)}{EI}-\frac{1.5}{AG}\frac{d^2q}{dx^2}\end{aligned}\right\} \tag{4}$$

ここに$q(x)$は分布荷重強度である．曲げモーメント（M），剪断力（S）は

$$M=-EI\left\{\frac{d^2y}{dx^2}+1.5\frac{q(x)-nby}{AG}\right\}\ ,\quad S=\frac{dM}{dx} \tag{5}$$

一般に$D\gg C^2$であるので(4)の斉次一般解は

$$\left.\begin{aligned}&y_0=N_1e^{r_1x}\cos r_2x+N_2e^{r_1x}\sin r_2x+N_3e^{-r_1x}\cos r_2x+N_4e^{-r_1x}\sin r_2x\\&r_1,\ r_2=\frac{1}{2}\sqrt{\left(\pm C+2\sqrt{D}\right)}\end{aligned}\right\} \tag{6}$$

例として無限長梁が原点で集中荷重Qを受けるとき(6)の第3．4項のみをとり，$x=0$で$dy/dx=1.5S/AG=-1.5Q/2AG$ ならびに(5)より求めたSが$-Q/2$なることよりN_3 N_4を定めると

$$\left.\begin{aligned}&y=\frac{Qe^{-r_1x}}{4r_1r_2}\left\{\frac{r_2\cos r_2x+r_1\sin r_2x}{EI(r_1^2+r_2^2)}+\frac{1.5}{AG}(r_2\cos r_2x-r_1\sin r_2x)\right\}\\&M=-\frac{Qe^{-r_1x}}{4r_1r_2}\left\{\frac{r_1(3r_2^2-r_1^2)\sin r_2x-r_2(3r_1^2-r_2^2)\cos r_2x}{(r_1^2+r_2^2)}+\frac{1.5EI}{AG}(r_1^2+r_2^2)(r_2\cos r_2x+r_1\sin r_2x)\right\}\end{aligned}\right\} \tag{7}$$

$D=4\nu^4$とおくと$h^2\nu^2=12C/7\sqrt{D}\ll1$ なら

$$r_1,\ r_2\doteqdot\nu(1\pm h^2\nu^2/8)$$

これを用い原点でのタワミ(y_0)，曲げモーメント(M_0)を計算すると

$$\left.\begin{aligned}&y_0\doteqdot\frac{Q}{8\nu^3EI}\left(1+\frac{3}{8}h^2\nu^2\right)=y_1\left(1+\frac{3}{8}h^2\nu^2\right)\\&M_0\doteqdot\frac{Q}{4\beta}\left(1-\frac{1}{8}h^2\nu^2\right)=M_1\left(1-\frac{1}{8}h^2\nu^2\right)\end{aligned}\right\} \tag{8}$$

ここにy_1 M_1は剪断変形を考えぬときの値である。

1) 武藤 清；構造設計法（彰国社）P. 231（1962）
2) 大崎順彦；建研報告 No. 18 1956年3月